

(19)日本国特許庁 (JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-180725

(P 2000-180725 A)

(43)公開日 平成12年6月30日(2000.6.30)

(51)Int.Cl.
G02B 15/20
13/18

識別記号

F I
G02B 15/20
13/18

マーク (参考)
2H087

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全16頁)

(21)出願番号

特願平10-362925

(22)出願日

平成10年12月21日(1998.12.21)

(71)出願人 000006079

ミノルタ株式会社

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号
大阪国際ビル

(72)発明者 山本 康

大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪
国際ビル ミノルタ株式会社内

(74)代理人 100085501

弁理士 佐野 静夫

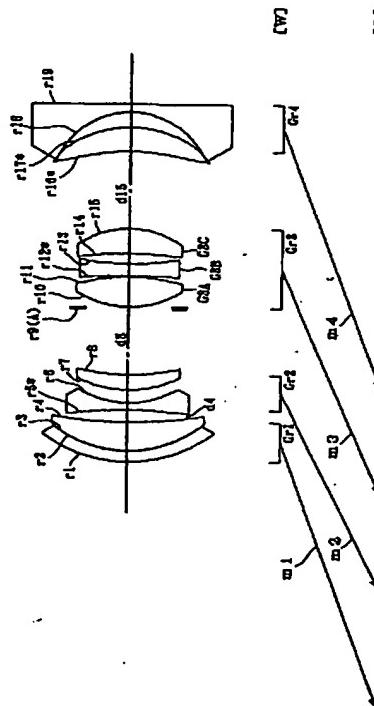
F ターム(参考) 2H087 KA02 PA08 PB09 QA02 QA17
QA21 QA26 QA38 QA41 QA45
RA05 RA12 RA13 SA23 SA27
SA29 SA33 SA62 SA63 SA64
SA65 SB03 SB13 SB24 SB33

(54)【発明の名称】ズームレンズ

(57)【要約】

【課題】 小型で4.5~6倍程度の高ズーム比を有するズームレンズを提供する。

【解決手段】 物体側より順に、正の第1群(Gr1)，負の第2群(Gr2)，正の第3群(Gr3)，負の第4群(Gr4)から成り、ワイド端[W]からテレ端[T]へのズーミングにおいて、各群が物体側に移動する。第1群(Gr1)は2枚のレンズから成り、第3群(Gr3)は正レンズ(G3A)，負レンズ(G3B)，正レンズ(G3C)から成る。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 物体側より順に、正のパワーを有する第1群と、負のパワーを有する第2群と、正のパワーを有する第3群と、負のパワーを有する第4群と、から成り、ワイド端からテレ端へのズーミングにおいて前記各群が物体側に移動するズームレンズであって、前記第1群が2枚のレンズで構成されており、前記第3群が、物体側から順に、正のパワーを有するレンズと、負のパワーを有するレンズと、正のパワーを有するレンズと、で構成されていることを特徴とするズームレンズ。

【請求項2】 更に以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1記載のズームレンズ；

$$-5.0 < fT \times f2 / fw' < -3.0$$

ただし、

fw ：ワイド端での全系の焦点距離、

fT ：テレ端での全系の焦点距離、

$f2$ ：第2群の焦点距離、

である。

【請求項3】 更に以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1記載のズームレンズ；

$$1.55 < (\beta 4T / \beta 4W) / (\beta 2T / \beta 2W) < 2.2$$

ただし、

$\beta 2W$ ：ワイド端での第2群の横倍率、

$\beta 2T$ ：テレ端での第2群の横倍率、

$\beta 4W$ ：ワイド端での第4群の横倍率、

$\beta 4T$ ：テレ端での第4群の横倍率、

である。

【請求項4】 前記第3群を構成している物体側の正レンズと、その像側に位置する負レンズとが、接合レンズを構成していることを特徴とする請求項1、請求項2又は請求項3記載のズームレンズ。

【請求項5】 物体側より順に、正のパワーを有する第1群と、負のパワーを有する第2群と、正のパワーを有する第3群と、負のパワーを有する第4群と、から成り、ワイド端からテレ端へのズーミングにおいて前記各群が物体側に移動するズームレンズであって、前記第3群が3枚以上のレンズで構成されており、更に以下の条件式を満足することを特徴とするズームレンズ；

$$-5.0 < fT \times f2 / fw' < -3.0$$

ただし、

fw ：ワイド端での全系の焦点距離、

fT ：テレ端での全系の焦点距離、

$f2$ ：第2群の焦点距離、

である。

【請求項6】 更に以下の条件式を満足することを特徴とする請求項5記載のズームレンズ；

$$1.55 < (\beta 4T / \beta 4W) / (\beta 2T / \beta 2W) < 2.2$$

ただし、

$\beta 2W$ ：ワイド端での第2群の横倍率、

$\beta 2T$ ：テレ端での第2群の横倍率、

$\beta 4W$ ：ワイド端での第4群の横倍率、

$\beta 4T$ ：テレ端での第4群の横倍率、
である。

【請求項7】 物体側より順に、正のパワーを有する第1群と、負のパワーを有する第2群と、正のパワーを有する第3群と、負のパワーを有する第4群と、から成り、ワイド端からテレ端へのズーミングにおいて前記各群が物体側に移動するズームレンズであって、更に以下の条件式を満足することを特徴とするズームレンズ；

$$10 \quad 1.55 < (\beta 4T / \beta 4W) / (\beta 2T / \beta 2W) < 2.2$$

ただし、

$\beta 2W$ ：ワイド端での第2群の横倍率、

$\beta 2T$ ：テレ端での第2群の横倍率、

$\beta 4W$ ：ワイド端での第4群の横倍率、

$\beta 4T$ ：テレ端での第4群の横倍率、

である。

【請求項8】 物体側より順に、正のパワーを有する第1群と、負のパワーを有する第2群と、正のパワーを有する第3群と、を少なくとも有する4つ以上の可動群で構成されたズームレンズであって、前記第3群が3枚以上のレンズで構成されており、更に以下の条件式を満足することを特徴とするズームレンズ；

$$-5.0 < fT \times f2 / fw' < -3.0$$

ただし、

fw ：ワイド端での全系の焦点距離、

fT ：テレ端での全系の焦点距離、

$f2$ ：第2群の焦点距離、

である。

【請求項9】 物体側より順に、正のパワーを有する第1群と、負のパワーを有する第2群と、正のパワーを有する第3群と、を少なくとも有する4つ以上の可動群で構成されたズームレンズであって、更に以下の条件式を満足することを特徴とするズームレンズ；

$$1.55 < (\beta 4T / \beta 4W) / (\beta 2T / \beta 2W) < 2.2$$

$$2.0 < \beta 4T / \beta 4W < 4.0$$

ただし、

$\beta 2W$ ：ワイド端での第2群の横倍率、

$\beta 2T$ ：テレ端での第2群の横倍率、

$\beta 4W$ ：ワイド端での第4群の横倍率、

$\beta 4T$ ：テレ端での第4群の横倍率、

である。

【請求項10】 前記第3群が3枚以上のレンズで構成されていることを特徴とする請求項9記載のズームレンズ。

【請求項11】 前記第3群が、物体側から順に、正のパワーを有するレンズと、負のパワーを有するレンズと、正のパワーを有するレンズと、で構成されていることを特徴とする請求項7、請求項8又は請求項9記載のズームレンズ。

【請求項12】 前記第1群と前記第4群が、ワイド端

からテレ端へのズーミングにおいて一体に移動することを特徴とする請求項1、請求項5、請求項7、請求項8又は請求項9記載のズームレンズ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はズームレンズに関するものであり、例えば、レンズシャッターカメラ用の撮影レンズとして好適な小型で高変倍のズームレンズに関するものである。

【0002】

【従来の技術】レンズシャッターカメラ用ズームレンズのコンパクト化と高倍率化を達成するために、正・正・負の3群構成や正・負・正・負の4群構成が従来より各種提案されている。例えば、特開昭63-43115号公報で提案されているズームレンズでは、正・負・正・負の4群構成をとることにより各群にかかる変倍負担を分散し、その結果、3倍程度のズーム比を達成している。また、特開平6-265788号公報で提案されているズームレンズでは、正・負・正・負の4群構成に非球面を多用することにより、4倍を超えるズーム比を達成している。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、特開昭63-43115号公報で提案されているズームレンズは、ズームレンズの構成枚数が多く、高倍率化と言う点でも十分な性能を達成しているとは言えない面がある。また、特開平6-265788号公報で提案されているズームレンズでは、変倍時の移動量、全長が大きく、コンパクト化という点で十分な性能を達成しているとは言えない面がある。

【0004】本発明は、このような状況に鑑みてなされたものであって、4.5倍から6倍程度のズーム比を有し、小型で高倍率なズームレンズを提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、第1の発明のズームレンズは、物体側より順に、正のパワーを有する第1群と、負のパワーを有する第2群と、正のパワーを有する第3群と、負のパワーを有する第4群と、から成り、ワイド端からテレ端へのズーミングにおいて前記各群が物体側に移動するズームレンズであつて、前記第1群が2枚のレンズで構成されており、前記第3群が、物体側から順に、正のパワーを有するレンズと、負のパワーを有するレンズと、正のパワーを有するレンズと、で構成されていることを特徴とする。

【0006】第2の発明のズームレンズは、上記第1の発明の構成において、更に以下の条件式を満足することを特徴とする。

$$-5.0 < f_T \times f_2 / f_W^l < -3.0$$

ただし、

f_W : ワイド端での全系の焦点距離、
 f_T : テレ端での全系の焦点距離、
 f_2 : 第2群の焦点距離、
 である。

【0007】第3の発明のズームレンズは、上記第1の発明の構成において、更に以下の条件式を満足することを特徴とする。

$$1.55 < (\beta_{4T} / \beta_{4W}) / (\beta_{2T} / \beta_{2W}) < 2.2$$

ただし、

10 β_{2W} : ワイド端での第2群の横倍率、
 β_{2T} : テレ端での第2群の横倍率、
 β_{4W} : ワイド端での第4群の横倍率、
 β_{4T} : テレ端での第4群の横倍率、
 である。

【0008】第4の発明のズームレンズは、上記第1、第2又は第3の発明の構成において、前記第3群を構成している物体側の正レンズと、その像側に位置する負レンズとが、接合レンズを構成していることを特徴とする。

20 【0009】第5の発明のズームレンズは、物体側より順に、正のパワーを有する第1群と、負のパワーを有する第2群と、正のパワーを有する第3群と、負のパワーを有する第4群と、から成り、ワイド端からテレ端へのズーミングにおいて前記各群が物体側に移動するズームレンズであつて、前記第3群が3枚以上のレンズで構成されており、更に以下の条件式を満足することを特徴とする。

$$-5.0 < f_T \times f_2 / f_W^l < -3.0$$

ただし、

30 f_W : ワイド端での全系の焦点距離、
 f_T : テレ端での全系の焦点距離、
 f_2 : 第2群の焦点距離、
 である。

【0010】第6の発明のズームレンズは、上記第5の発明の構成において、更に以下の条件式を満足することを特徴とする。

$$1.55 < (\beta_{4T} / \beta_{4W}) / (\beta_{2T} / \beta_{2W}) < 2.2$$

ただし、

40 β_{2W} : ワイド端での第2群の横倍率、
 β_{2T} : テレ端での第2群の横倍率、
 β_{4W} : ワイド端での第4群の横倍率、
 β_{4T} : テレ端での第4群の横倍率、
 である。

【0011】第7の発明のズームレンズは、物体側より順に、正のパワーを有する第1群と、負のパワーを有する第2群と、正のパワーを有する第3群と、負のパワーを有する第4群と、から成り、ワイド端からテレ端へのズーミングにおいて前記各群が物体側に移動するズームレンズであつて、更に以下の条件式を満足することを特徴とする。

50 ただし、

$$1.55 < (\beta_{4T}/\beta_{4W}) / (\beta_{2T}/\beta_{2W}) < 2.2$$

ただし、

β_{2W} ：ワイド端での第2群の横倍率、

β_{2T} ：テレ端での第2群の横倍率、

β_{4W} ：ワイド端での第4群の横倍率、

β_{4T} ：テレ端での第4群の横倍率、

である。

【0012】第8の発明のズームレンズは、物体側より順に、正のパワーを有する第1群と、負のパワーを有する第2群と、正のパワーを有する第3群と、を少なくとも有する4つ以上の可動群で構成されたズームレンズであって、前記第3群が3枚以上のレンズで構成されており、更に以下の条件式を満足することを特徴とする。

$$-5.0 < f_T \times f_2 / f_W < -3.0$$

ただし、

f_W ：ワイド端での全系の焦点距離、

f_T ：テレ端での全系の焦点距離、

f_2 ：第2群の焦点距離、

である。

【0013】第9の発明のズームレンズは、物体側より順に、正のパワーを有する第1群と、負のパワーを有する第2群と、正のパワーを有する第3群と、を少なくとも有する4つ以上の可動群で構成されたズームレンズであって、更に以下の条件式を満足することを特徴とする。

$$1.55 < (\beta_{4T}/\beta_{4W}) / (\beta_{2T}/\beta_{2W}) < 2.2$$

$$2.0 < \beta_{4T} / \beta_{4W} < 4.0$$

ただし、

β_{2W} ：ワイド端での第2群の横倍率、

β_{2T} ：テレ端での第2群の横倍率、

β_{4W} ：ワイド端での第4群の横倍率、

β_{4T} ：テレ端での第4群の横倍率、

である。

【0014】第10の発明のズームレンズは、上記第9の発明の構成において、前記第3群が3枚以上のレンズで構成されていることを特徴とする。

【0015】第11の発明のズームレンズは、上記第7、第8又は第9の発明の構成において、前記第3群が、物体側から順に、正のパワーを有するレンズと、負のパワーを有するレンズと、正のパワーを有するレンズと、で構成されていることを特徴とする。

【0016】第12の発明のズームレンズは、上記第1、第5、第7、第8又は第9の発明の構成において、前記第1群と前記第4群が、ワイド端からテレ端へのズーミングにおいて一体に移動することを特徴とする。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、本発明を実施したズームレンズを、図面を参照しつつ説明する。図1～図5は、第1～第5の実施の形態のズームレンズにそれぞれ対応するレンズ構成図であり、ワイド端[W]でのレンズ配置を

示している。各レンズ構成図中の矢印 m_j ($j=1, 2, 3, 4$)は、ワイド端[W]からテレ端[T]へのズーミングにおける第j群(Grj)の移動をそれぞれ模式的に示している。また、各レンズ構成図中、 r_i ($i=1, 2, 3, \dots$)が付された面は物体側から数えてi番目の面であり、 r_i に*印が付された面は非球面である。 d_i ($i=1, 2, 3, \dots$)が付された軸上面間隔は、物体側から数えてi番目の軸上面間隔のうち、ズーミングにおいて変化する群間隔である。

【0018】第1～第5の実施の形態は、物体側より順に、正のパワーを有する第1群(Gr1)と、負のパワーを有する第2群(Gr2)と、正のパワーを有する第3群(Gr3)と、負のパワーを有する第4群(Gr4)と、から成り、ワイド端[W]からテレ端[T]へのズーミングにおいて各群(Gr1～Gr4)が物体側に移動するズームレンズである。いずれの実施の形態においても、第2群(Gr2)と第3群(Gr3)との間には、第3群(Gr3)と共にズーム移動する絞り(A)が配置されている。

【0019】第1の実施の形態(図1)において、各群は、物体側から順に以下のように構成されている。第1群(Gr1)は、物体側に凸の負メニスカスレンズと、物体側に凸の正メニスカスレンズと、で構成されている。第2群(Gr2)は、両凹の負レンズ(物体側面が非球面)と、物体側に凸の正メニスカスレンズと、で構成されている。第3群(Gr3)は、両凸の正レンズ(G3A)と、両凹の負レンズ(G3B、物体側面が非球面)と、物体側に凹の正メニスカスレンズ(G3C)と、で構成されている。第4群(Gr4)は、像側に凸の正メニスカスレンズ(両面が非球面)と、物体側に凹の平凹レンズと、で構成されている。

【0020】第2の実施の形態(図2)において、各群は、物体側から順に以下のように構成されている。第1群(Gr1)は、物体側に凸の負メニスカスレンズと物体側に凸の正メニスカスレンズとから成る接合レンズで構成されている。第2群(Gr2)は、両凹の負レンズ(物体側面が非球面)と、物体側に凸の正メニスカスレンズと、で構成されている。第3群(Gr3)は、両凸の正レンズ(G3A)と、両凹の負レンズ(G3B、両面が非球面)と、物体側に凹の正メニスカスレンズ(G3C)と、で構成されている。第4群(Gr4)は、像側に凸の正メニスカスレンズ(両面が非球面)と、物体側に凹の平凹レンズと、で構成されている。

【0021】第3の実施の形態(図3)において、各群は、物体側から順に以下のように構成されている。第1群(Gr1)は、物体側に凸の負メニスカスレンズと物体側に凸の正メニスカスレンズとから成る接合レンズで構成されている。第2群(Gr2)は、両凹の負レンズと、物体側に凸の正メニスカスレンズと、で構成されている。第3群(Gr3)は、両凸の正レンズ(G3A)と、像側に凹の負メニスカスレンズ(G3B、物体側面が非球面)と、像側に凸の正メニスカスレンズ(G3C)と、で構成されている。第4群(Gr4)は、像側に凸の正メニスカスレンズ(両面が非

球面)と、物体側に凹の平凹レンズと、で構成されている。

【0022】第4の実施の形態(図4)において、各群は、物体側から順に以下のように構成されている。第1群(Gr1)は、物体側に凸の負メニスカスレンズと物体側に凸の正メニスカスレンズとから成る接合レンズで構成されている。第2群(Gr2)は、両凹の負レンズと、物体側に凸の正メニスカスレンズと、で構成されている。第3群(Gr3)は、両凸の正レンズ(G3A)と両凹の負レンズ(G3B)とから成る接合レンズと、両凸の正レンズ(G3C)、像側面が非球面)と、で構成されている。第4群(Gr4)は、像側に凸の正メニスカスレンズ(両面が非球面)と、物体側に凹の平凹レンズと、で構成されている。

【0023】第5の実施の形態(図5)において、各群は、物体側から順に以下のように構成されている。第1群(Gr1)は、物体側に凸の負メニスカスレンズと物体側に凸の正メニスカスレンズとから成る接合レンズで構成されている。第2群(Gr2)は、両凹の負レンズ(物体側面が非球面)と、物体側に凸の正メニスカスレンズと、で構成されている。第3群(Gr3)は、両凸の正レンズ(G3A)と、像側に凹の負メニスカスレンズ(G3B)、物体側面が非球面)と、両凸の正レンズ(G3C)と、で構成されている。第4群(Gr4)は、像側に凸の正メニスカスレンズ(両面が非球面)と、物体側に凹の平凹レンズと、で構成されている。この第5の実施の形態では、ズーミング中に第1群(Gr1)と第4群(Gr4)とが一体に移動する。第1群(Gr1)と第4群(Gr4)とを一体的に可動な構成にすることにより、鏡胴構成が容易になる。

【0024】いずれの実施の形態も第1群(Gr1)が2枚のレンズで構成されており、更に第2～第5の実施の形態ではその2枚のレンズが接合レンズを構成している。また、いずれの実施の形態も第3群(Gr3)が、正レンズ(G3A)、負レンズ(G3B)及び正レンズ(G3C)から成り、更に第4の実施の形態では正レンズ(G3A)と負レンズ(G3B)とが接合レンズを構成している。第2～第5の実施の形態における第1群(Gr1)や第4の実施の形態における第3群(Gr3)のように、正レンズと負レンズとで接合レンズを構成することにより、取り扱いや玉枠構成が簡単になる。また、空気間隔が必要ないのでコンパクト化を達成する上で有利になる。

【0025】各実施の形態のように、物体側より順に、正のパワーを有する第1群(Gr1)と、負のパワーを有する第2群(Gr2)と、正のパワーを有する第3群(Gr3)と、を少なくとも有する4つ以上の可動群で構成されたズームレンズでは、第3群(Gr3)が、物体側から順に、正のパワーを有するレンズ(G3A)と、負のパワーを有するレンズ(G3B)と、正のパワーを有するレンズ(G3C)と、で構成されることが望ましい。第3群(Gr3)をこのように構成することにより、第3群(Gr3)での軸外の倍率色収差を良好に補正することができる。

【0026】各実施の形態のように、物体側から正・負・正のレンズ群(Gr1～Gr3)を少なくとも有する4つ以上の可動群で構成されたズームレンズにおいては、以下の条件式(1)を満足することが望ましい。

$$-5.0 < fT \times f2 / fW' < -3.0 \quad \dots(1)$$

ただし、

fW: ワイド端[W]での全系の焦点距離、

fT: テレ端[T]での全系の焦点距離、

f2: 第2群(Gr2)の焦点距離、

10

である。

【0027】条件式(1)は、レンズ系の高変倍化とコンパクト化との両立を図るために条件範囲を、変倍比に対する第2群(Gr2)の焦点距離の比で規定している。条件式(1)の上限を超えると、第2群(Gr2)の焦点距離が長くなるため、高変倍を保ちながらレンズ系の全長を小型化することが困難になる。逆に、条件式(1)の下限を超えると、第2群(Gr2)の焦点距離が短くなり、第2群(Gr2)で発生する軸外のフレアの補正が困難になる。

20

【0028】また各実施の形態のように、物体側から正・負・正のレンズ群(Gr1～Gr3)を少なくとも有する4つ以上の可動群で構成されたズームレンズにおいては、以下の条件式(2)を満足することが望ましい。

$$1.55 < (\beta 4T / \beta 4W) / (\beta 2T / \beta 2W) < 2.2 \quad \dots(2)$$

ただし、

$\beta 2W$: ワイド端[W]での第2群(Gr2)の横倍率、

$\beta 2T$: テレ端[T]での第2群(Gr2)の横倍率、

$\beta 4W$: ワイド端[W]での第4群(Gr4)の横倍率、

$\beta 4T$: テレ端[T]での第4群(Gr4)の横倍率、

である。

30

【0029】条件式(2)は、レンズ系の高変倍化とコンパクト化を最適化するための条件範囲を、第2群(Gr2)での変倍比と第4群(Gr4)での変倍比との比率で規定している。正・負・正・負の4群構成を有する一般的なズームレンズ(特開昭63-43115号等)では、主に第2群(Gr2)で変倍を行う割合が高くなる傾向にある。本発明では第4群(Gr4)の変倍負担をやや増やすことにより、レンズ全長の小型化を図っている。条件式(2)の上限を超えると、第4群(Gr4)の変倍負担が高くなり過ぎるため、第4群(Gr4)でテレ、ワイド時の軸上と軸外の収差を良好にバランスさせることが困難になる。逆に、条件式(2)の下限を超えると全長が大型化する。したがって、コンパクト化という点で好ましくない。

40

【0030】更に以下の条件式(3)を満足することが望ましい。

$$2.0 < \beta 4T / \beta 4W < 4.0 \quad \dots(3)$$

50

【0031】条件式(3)は、第4群(Gr4)の変倍比を規定している。条件式(3)の上限を超えると第4群(Gr4)の変倍負担が高くなり、第4群(Gr4)でテレ、ワイド時の軸上と軸外の収差を良好にバランスさせることが困難になる。逆に、条件式(3)の下限を超えると全長が大型化す

る。したがって、コンパクト化という点で好ましくない。

【0032】また、第1～第3、第5の実施の形態のように、第3群(Gr3)の負レンズ(G3B)に非球面を少なくとも1面用いることが望ましい。特に、負レンズ(G3B)の物体側面に非球面を設けることが、良好な性能を確保する上で有効である。なお、負レンズ(G3B)の最物体側面の非球面は、以下の条件式(4)を満足することが望ましい。

$$-0.02 < \phi_3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} < 0 \quad \cdots (4)$$

$$x(y) = (r/\varepsilon) \cdot [1 - \sqrt{1 - \varepsilon \cdot (y^2/r^2)}] + \sum_{i \geq 2} (A_i \cdot y^i) \quad \cdots (AS)$$

$$x_0(y) = \tilde{r} \cdot [1 - \sqrt{1 - \varepsilon \cdot (\tilde{y}^2/\tilde{r}^2)}] \quad \cdots (RE)$$

ただし、式(AS)及び(RE)中、

y : 光軸に対して垂直方向の高さ、

r : 非球面の基準曲率半径、

ε : 2次曲面パラメータ、

A_i : i 次式の非球面係数、

\tilde{r} : 非球面の近軸曲率半径($(1/\tilde{r}) = (1/r) + 2 \cdot A_2$)、

である。

【0034】条件式(4)は、球面収差及び軸外光束のフレアを補正するための条件範囲を、非球面の形状で規定している。この条件式(4)の上限を超えると、ズーム全域で球面収差がアンダーサイドへ倒れる傾向が著しくなるとともに、軸外光束のフレアが著しく発生する。条件式(4)の下限を超えると、ズーム全域で球面収差がオーバーサイドへ倒れるとともに、軸外光束のフレアの補正過剰の傾向が著しくなる。

【0035】なお、第1～第5の実施の形態を構成している各群は、入射光線を屈折により偏向させる屈折型レンズのみで構成されているが、これに限らない。例えば、回折により入射光線を偏向させる回折型レンズ、回折作用と屈折作用との組み合わせで入射光線を偏向させる屈折・回折ハイブリッド型レンズ、屈折率分布型レンズ等で、各群を構成してもよい。

【0036】

【実施例】以下、本発明を実施したズームレンズの構成を、コンストラクションデータ、収差図等を挙げて、更に具体的に説明する。なお、以下に挙げる実施例1～5は、前述した第1～第5の実施の形態にそれぞれ対応しており、第1～第5の実施の形態を表すレンズ構成図(図1～図5)は、対応する実施例1～5のレンズ構成をそれぞれ示している。

【0037】各実施例のコンストラクションデータにおいて、 r_i ($i=1, 2, 3, \dots$)は物体側から数えて*i*番目の面の曲率半径、 d_i ($i=1, 2, 3, \dots$)は物体側から数えて*i*番目の軸上面間隔を示しており、 N_i ($i=1, 2, 3, \dots$)、 ν_i ($i=1, 2, 3, \dots$)は物体側から数えて*i*番目のレンズのd線に対する屈折率(Nd)、アッペ数(nd)を示している。また、コン

50

ただし、

ϕ_3 : 第3群(Gr3)のパワー、

N : 非球面の物体側媒質の屈折率、

N' : 非球面の像側媒質の屈折率、

$x(y)$: 非球面の面形状、

$x_0(y)$: 非球面の参照球面形状、

であり、 $x(y)$ 、 $x_0(y)$ は以下の式(AS)、(RE)でそれぞれ表される。

【0033】

10 【数1】

$$x(y) = (r/\varepsilon) \cdot [1 - \sqrt{1 - \varepsilon \cdot (y^2/r^2)}] + \sum_{i \geq 2} (A_i \cdot y^i) \quad \cdots (AS)$$

$$x_0(y) = \tilde{r} \cdot [1 - \sqrt{1 - \varepsilon \cdot (\tilde{y}^2/\tilde{r}^2)}] \quad \cdots (RE)$$

ストラクションデータ中、ズーミングにおいて変化する軸上面間隔(可変間隔)は、ワイド端(短焦点距離端)[W]～ミドル(中間焦点距離状態)[M]～テレ端(長焦点距離端)[T]での各群間の軸上空気間隔である。各焦点距離状態[W]、[M]、[T]に対応する全系の焦点距離f及びFナンバーFNoを併せて示す。

【0038】また、曲率半径riに*印が付された面は、非球面で構成された面であることを示し、非球面の面形状を表す前記式(AS)で定義されるものとする。非球面データ及び非球面に関する条件式(4)の対応値{ただし、 y_{max} : 非球面の光軸に対して垂直方向の最大高さ(最大有効半径)}を他のデータと併せて示し、他の条件式の対応値を表1に示す。

【0039】図6～図10は実施例1～実施例5にそれぞれ対応する収差図であり、[W]はワイド端、[M]はミドル、[T]はテレ端における諸収差(左から順に、球面収差等、非点収差、歪曲収差)を示している(γ : 最大像高)。また、各収差図中、実線(d)はd線に対する収差、破線(SC)は正弦条件を表しており、破線(DM)と実線(DS)は、メリディオナル面とサジタル面でのd線に対する非点収差をそれぞれ表わしている。

【0040】

《実施例1》

$f=22.5 \sim 70.0 \sim 126.0$
 $FNO= 5.7 \sim 7.2 \sim 10.2$
 [曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッペ数]
 $r1= 14.386$
 $d1= 1.000 N1=1.84666 \nu 1= 23.82$
 $r2= 11.869$
 $d2= 0.100$
 $r3= 12.132$
 $d3= 2.800 N2=1.48749 \nu 2= 70.44$
 $r4= 44.822$
 $d4= 1.200 \sim 12.000 \sim 15.000$
 $r5= -50.721$
 $d5= 0.700 N3=1.77250 \nu 3= 49.77$
 $r6= 9.305$
 $d6= 1.300$
 $r7= 11.191$
 $d7= 1.500 N4=1.84666 \nu 4= 23.82$
 $r8= 22.081$
 $d8= 6.527 \sim 1.919 \sim 0.650$
 $r9= \infty(\lambda)$
 $d9= 0.100$
 $r10= 9.648$
 $d10= 3.000 N5=1.48749 \nu 5= 70.44$
 $r11= -20.116$
 $d11= 0.100$
 $r12= 432.945$
 $d12= 1.200 N6=1.84666 \nu 6= 23.82$
 $r13= 26.540$
 $d13= 1.000$
 $r14= -44.028$
 $d14= 2.500 N7=1.48749 \nu 7= 70.44$
 $r15= -9.006$
 $d15= 7.748 \sim 2.564 \sim 0.500$
 $r16= -19.111$
 $d16= 2.400 N8=1.62017 \nu 8= 24.01$
 $r17= -11.238$
 $d17= 1.525$
 $r18= -8.061$
 $d18= 0.800 N9=1.75450 \nu 9= 51.57$
 $r19= \infty$

[0041] [第5面(r5)の非球面データ]

[第12面(r12)の条件式(4)の対応値]

$y=0.1y_{max} \dots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -6.075 \times 10^{-4}$
 $y=0.2y_{max} \dots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -4.868 \times 10^{-4}$
 $y=0.3y_{max} \dots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -1.649 \times 10^{-4}$
 $y=0.4y_{max} \dots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -3.933 \times 10^{-4}$
 $y=0.5y_{max} \dots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -7.767 \times 10^{-4}$
 $y=0.6y_{max} \dots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -1.366 \times 10^{-4}$
 $y=0.7y_{max} \dots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -2.227 \times 10^{-4}$

 $\epsilon = 1.0000$ $A4=-0.74896 \times 10^{-4}$ $A6= 0.49697 \times 10^{-4}$ $A8=-0.48034 \times 10^{-4}$ $A10= 0.14101 \times 10^{-4}$ $A12=-0.15951 \times 10^{-11}$

[0042] [第12面(r12)の非球面データ]

 $\epsilon = 1.0000$ $A4=-0.32194 \times 10^{-4}$ $A6=-0.57420 \times 10^{-4}$ $A8=-0.91327 \times 10^{-4}$ $A10=-0.30354 \times 10^{-4}$ $A12= 0.16114 \times 10^{-4}$

[0043] [第16面(r16)の非球面データ]

 $\epsilon = 1.0000$ $A4= 0.88130 \times 10^{-4}$ $A6= 0.18653 \times 10^{-4}$ $A8= 0.45085 \times 10^{-4}$ $A10=-0.25756 \times 10^{-4}$ $A12= 0.26950 \times 10^{-4}$

[0044] [第17面(r17)の非球面データ]

 $\epsilon = 1.0000$ $A4=-0.53907 \times 10^{-4}$ $A6= 0.20838 \times 10^{-4}$ $A8=-0.76811 \times 10^{-4}$ $A10=-0.56352 \times 10^{-4}$ $A12=-0.64868 \times 10^{-11}$

[0045]

$$\begin{aligned}y=0.8y_{\max} &\cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -3.444 \times 10^{-1} \\y=0.9y_{\max} &\cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -5.112 \times 10^{-1} \\y=1.0y_{\max} &\cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -7.302 \times 10^{-1}\end{aligned}$$

【0046】

《実施例2》

f=20.5 ~54.0 ~97.6

FN0= 5.74~ 6.86~ 9.0

【曲率半径】【軸上面間隔】【屈折率】【アッペ数】

r1= 12.896

d1= 1.000 N1=1.84666 ν1= 23.82

r2= 10.509

d2= 2.800 N2=1.48749 ν2= 70.44

r3= 34.748

d3= 1.400~8.500~11.000

r4=-56.717

d4= 0.700 N3=1.77250 ν3= 49.77

r5= 7.690

d5= 1.300

r6= 10.361

d6= 1.500 N4=1.84666 ν4= 23.82

r7= 21.555

d7= 5.502~2.470~1.195

r8= ∞(A)

d8= 0.100

r9= 8.355

d9= 3.800 N5=1.48749 ν5= 70.44

r10= -14.886

d10= 0.100

r11=-74.817

d11= 1.100 N6=1.84666 ν6= 23.82

r12= 37.804

d12= 0.700

r13= -31.334

d13= 2.000 N7=1.48749 ν7= 70.44

r14= -7.921

d14= 5.884~2.081~0.500

r15=-15.477

d15= 2.400 N8=1.62017 ν8= 24.01

r16=-9.595

d16= 1.404

r17= -7.241

d17= 0.800 N9=1.75450 ν9= 51.57

r18= ∞

【0047】[第4面(r4)の非球面データ]

[第11面(r11)の条件式(4)の対応値]

$$\begin{aligned}y=0.1y_{\max} &\cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -9.143 \times 10^{-1} \\y=0.2y_{\max} &\cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -7.398 \times 10^{-1} \\y=0.3y_{\max} &\cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -2.544 \times 10^{-1} \\y=0.4y_{\max} &\cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -6.186 \times 10^{-1} \\y=0.5y_{\max} &\cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -1.246 \times 10^{-1}\end{aligned}$$

$y=0.6y_{max} \cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -2.227 \times 10^{-1}$
 $y=0.7y_{max} \cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -3.664 \times 10^{-1}$
 $y=0.8y_{max} \cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -5.662 \times 10^{-1}$
 $y=0.9y_{max} \cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -8.349 \times 10^{-1}$
 $y=1.0y_{max} \cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -1.193 \times 10^{-1}$

【 0 0 5 3 】

 $\epsilon = 1.0000$

《実施例3》

 $A4 = -0.37097 \times 10^{-1}$ $f = 22.6 \sim 70.0 \sim 107.2$ $A6 = 0.79853 \times 10^{-1}$ $FNO = 5.7 \sim 8.87 \sim 10.14$ $A8 = -0.11445 \times 10^{-1}$

【曲率半径】 【軸上面間隔】 【屈折率】 【アッペ数】

10 $A10 = 0.45565 \times 10^{-1}$ $r1 = 15.878$ $A12 = -0.50908 \times 10^{-1}$ $d1 = 1.000 N1 = 1.84666 \nu 1 = 23.82$

【 0 0 5 5 】 [第15面(r15)の非球面データ]

 $r2 = 12.635$ $\epsilon = 1.0000$ $d2 = 2.800 N2 = 1.48749 \nu 2 = 70.44$ $A4 = -0.51565 \times 10^{-1}$ $r3 = 62.157$ $A6 = -0.24325 \times 10^{-1}$ $d3 = 1.839 \sim 11.000 \sim 15.000$ $A8 = 0.35139 \times 10^{-1}$ $r4 = -50.000$ $A10 = -0.79240 \times 10^{-1}$ $d4 = 0.700 N3 = 1.77250 \nu 3 = 49.77$ $A12 = 0.61680 \times 10^{-1}$ $r5 = 10.024$

【 0 0 5 6 】 [第16面(r16)の非球面データ]

 $d5 = 1.000$ 20 $\epsilon = 1.0000$ $r6 = 11.321$ $A4 = -0.27425 \times 10^{-1}$ $d6 = 1.500 N4 = 1.84666 \nu 4 = 23.82$ $A6 = 0.22598 \times 10^{-1}$ $r7 = 22.204$ $A8 = -0.11907 \times 10^{-1}$ $d7 = 7.234 \sim 2.578 \sim 0.800$ $A10 = 0.52828 \times 10^{-1}$ $r8 = \infty(\lambda)$ $A12 = -0.79447 \times 10^{-1}$ $d8 = 0.500$

【 0 0 5 7 】

 $r9 = 8.611$ $d9 = 2.400 N5 = 1.48749 \nu 5 = 70.44$ $r10 = -170.568$ $d10 = 0.452$ $r11 = 43.051$ $d11 = 1.200 N6 = 1.84666 \nu 6 = 23.82$ $r12 = 17.783$ $d12 = 1.000$ $r13 = -465.925$ $d13 = 2.200 N7 = 1.48749 \nu 7 = 70.44$ $r14 = -8.683$ $d14 = 6.717 \sim 1.882 \sim 0.500$ $r15 = -30.177$ $d15 = 2.200 N8 = 1.62017 \nu 8 = 24.01$ $r16 = -14.033$ $d16 = 1.957$ $r17 = -7.544$ $d17 = 0.800 N9 = 1.77250 \nu 9 = 49.77$ $r18 = \infty$

【 0 0 5 4 】 [第11面(r11)の非球面データ]

[第11面(r11)の条件式(4)の対応値]

 $y=0.1y_{max} \cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -4.208 \times 10^{-1}$ $y=0.2y_{max} \cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -3.330 \times 10^{-1}$ $y=0.3y_{max} \cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -1.108 \times 10^{-1}$

$y=0.4y_{max} \cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -2.590 \times 10^{-1}$
 $y=0.5y_{max} \cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -5.019 \times 10^{-1}$
 $y=0.6y_{max} \cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -8.695 \times 10^{-1}$
 $y=0.7y_{max} \cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -1.402 \times 10^{-1}$
 $y=0.8y_{max} \cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -2.151 \times 10^{-1}$
 $y=0.9y_{max} \cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -3.165 \times 10^{-1}$
 $y=1.0y_{max} \cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -4.475 \times 10^{-1}$

【0058】

《実施例4》

 $f=22.6 \sim 70.0 \sim 107.2$ $FNO= 5.9 \sim 9.09 \sim 10.16$

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッペ数]

 $r1= 17.152$ $d1= 1.000 N1=1.84666 \nu 1= 23.82$ $r2= 13.750$ $d2= 2.800 N2=1.48749 \nu 2= 70.44$ $r3= 79.178$ $d3= 1.200 \sim 10.000 \sim 15.000$ $r4= -27.331$ $d4= 0.700 N3=1.77250 \nu 3= 49.77$ $r5= 13.864$ $d5= 1.300$ $r6= 15.746$ $d6= 1.500 N4=1.84666 \nu 4= 23.82$ $r7= 37.437$ $d7= 7.237 \sim 2.219 \sim 0.650$ $r8= \infty(A)$ $d8= 0.500$ $r9= 9.392$ $d9= 2.800 N5=1.48749 \nu 5= 70.44$ $r10= -158.267$ $d10= 1.200 N6=1.84666 \nu 6= 23.82$ $r11= 35.282$ $d11= 1.000$ $r12= 14.999$ $d12= 2.400 N7=1.48749 \nu 7= 70.44$ $r13= -18.446$ $d13= 6.499 \sim 1.953 \sim 0.500$ $r14= -32.932$ $d14= 2.200 N8=1.62017 \nu 8= 24.01$ $r15= -16.032$ $d15= 2.364$ $r16= -7.404$ $d16= 0.800 N9=1.75450 \nu 9= 51.57$ $r17= \infty$

【0059】 [第13面(r13)の非球面データ]

 $\epsilon= 1.0000$ $A4= 0.38266 \times 10^{-1}$ $10 A6= -0.47417 \times 10^{-1}$ $A8= 0.79075 \times 10^{-1}$ $A10= 0.12182 \times 10^{-1}$ $A12= -0.48378 \times 10^{-1}$

【0060】 [第14面(r14)の非球面データ]

 $\epsilon= 1.0000$ $A4= 0.60586 \times 10^{-1}$ $A6= 0.32878 \times 10^{-1}$ $A8= 0.21370 \times 10^{-1}$ $A10= -0.27707 \times 10^{-1}$ $20 A12= 0.37140 \times 10^{-1}$

【0061】 [第15面(r15)の非球面データ]

 $\epsilon= 1.0000$ $A4= -0.15852 \times 10^{-1}$ $A6= 0.63471 \times 10^{-1}$ $A8= -0.49496 \times 10^{-1}$ $A10= 0.15748 \times 10^{-1}$ $A12= 0.41834 \times 10^{-1}$

【0062】

《実施例5》

f=22.5 ~70.0 ~126.0

PN0= 5.6 ~ 7.39 ~ 10.06

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッペ数]

r1= 15.506

d1= 1.000 N1=1.84666 v1= 23.82

r2= 12.745

d2= 2.800 N2=1.48749 v2= 70.44

r3= 51.354

d3= 1.200~11.131~15.000

r4= -60.847

d4= 0.700 N3=1.77250 v3= 49.77

r5= 10.002

d5= 1.300

r6= 11.811

d6= 1.500 N4=1.84666 v4= 23.82

r7= 21.590

d7= 7.325~2.590~0.650

r8= ∞(A)

d8= 0.100

r9= 8.665

d9= 3.200 N5=1.48749 v5= 70.44

r10= -73.554

d10= 0.100

r11= 22.821

d11= 1.200 N6=1.84666 v6= 23.82

r12= 12.872

d12= 0.700

r13= 125.081

d13= 2.500 N7=1.48749 v7= 70.44

r14= -10.135

d14= 7.625~2.429~0.500

r15= -14.652

d15= 2.400 N8=1.62017 v8= 24.01

r16= -9.400

d16= 1.050

r17= -8.081

d17= 0.800 N9=1.75450 v9= 51.57

r18= ∞

【0063】[第4面(r4)の非球面データ]

 $\epsilon = 1.0000$ $A4 = -0.10016 \times 10^4$ $A6 = 0.93649 \times 10^4$ $A8 = -0.10184 \times 10^4$ $A10 = 0.35610 \times 10^4$ $A12 = -0.43629 \times 10^4$

【0064】[第11面(r11)の非球面データ]

 $\epsilon = 1.0000$ $A4 = -0.29197 \times 10^4$ $A6 = 0.43934 \times 10^4$ $A8 = -0.56811 \times 10^4$ $A10 = 0.20291 \times 10^4$ $A12 = -0.30358 \times 10^4$

【0065】[第15面(r15)の非球面データ]

 $\epsilon = 1.0000$ $A4 = 0.12431 \times 10^4$ $A6 = -0.38740 \times 10^4$ $A8 = 0.31104 \times 10^4$ $A10 = -0.54294 \times 10^4$ 20 A12 = 0.18213 $\times 10^{-11}$

【0066】[第16面(r16)の非球面データ]

 $\epsilon = 1.0000$ $A4 = -0.19989 \times 10^4$ $A6 = 0.20627 \times 10^4$ $A8 = -0.88349 \times 10^4$ $A10 = 0.48446 \times 10^4$ $A12 = -0.76850 \times 10^{-11}$

【0067】

40

[第11面(r11)の条件式(4)の対応値]

y=0.1ymax ... $\phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x0(y)\} = -6.072 \times 10^4$ y=0.2ymax ... $\phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x0(y)\} = -4.806 \times 10^4$ y=0.3ymax ... $\phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x0(y)\} = -1.601 \times 10^4$ y=0.4ymax ... $\phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x0(y)\} = -3.758 \times 10^4$ y=0.5ymax ... $\phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x0(y)\} = -7.339 \times 10^4$ y=0.6ymax ... $\phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x0(y)\} = -1.286 \times 10^4$ y=0.7ymax ... $\phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x0(y)\} = -2.104 \times 10^4$

21

22

$$y=0.8y_{\max} \cdots \phi 3 \cdot (N'-N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y)-x_0(y)\} = -3.277 \times 10^{-1}$$

$$y=0.9y_{\max} \cdots \phi 3 \cdot (N'-N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y)-x_0(y)\} = -4.918 \times 10^{-1}$$

$$y=1.0y_{\max} \cdots \phi 3 \cdot (N'-N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y)-x_0(y)\} = -7.176 \times 10^{-1}$$

【0068】

【表1】

《条件式対応値》

	条件式(1) : $f1 \times f2 / fW^2$	条件式(2) : $(B4T / B4W) / (B2T / B2W)$	条件式(3) : $B4T / B4W$
実施例 1	- 4. 379	1. 811	3. 350
実施例 2	- 3. 505	2. 077	3. 124
実施例 3	- 3. 958	1. 592	2. 907
実施例 4	- 4. 189	1. 582	2. 926
実施例 5	- 4. 593	1. 793	3. 333

【0069】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、4.5倍から6倍程度のズーム比を有し、小型で高倍率なズームレンズを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施の形態(実施例1)のレンズ構成図。

【図2】第2の実施の形態(実施例2)のレンズ構成図。

【図3】第3の実施の形態(実施例3)のレンズ構成図。

【図4】第4の実施の形態(実施例4)のレンズ構成図。

【図5】第5の実施の形態(実施例5)のレンズ構成図。

10 【図6】実施例1の収差図。

【図7】実施例2の収差図。

【図8】実施例3の収差図。

【図9】実施例4の収差図。

【図10】実施例5の収差図。

【符号の説明】

Gr1 … 第1群

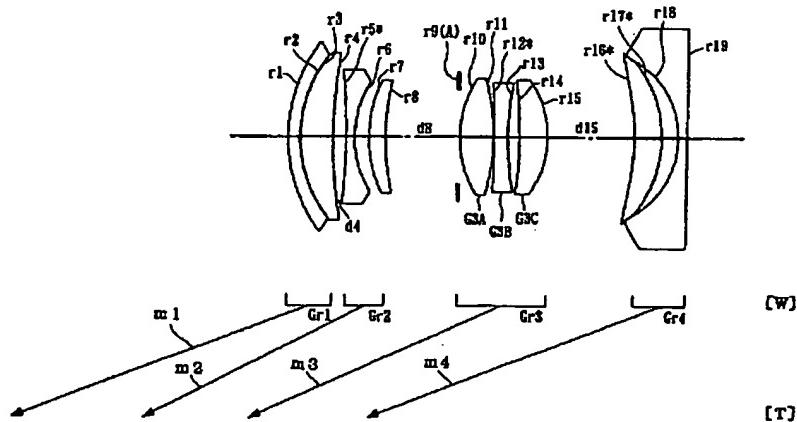
Gr2 … 第2群

A … 絞り

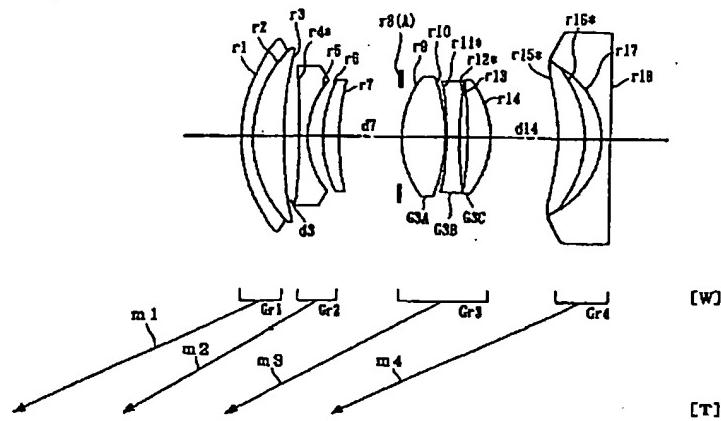
Gr3 … 第3群

20 Gr4 … 第4群

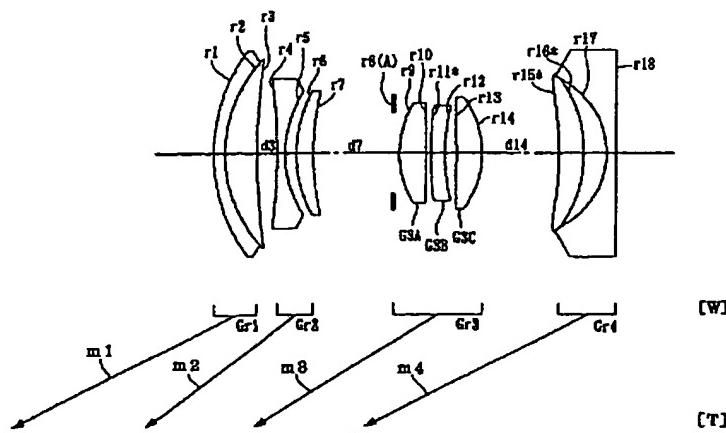
【図1】



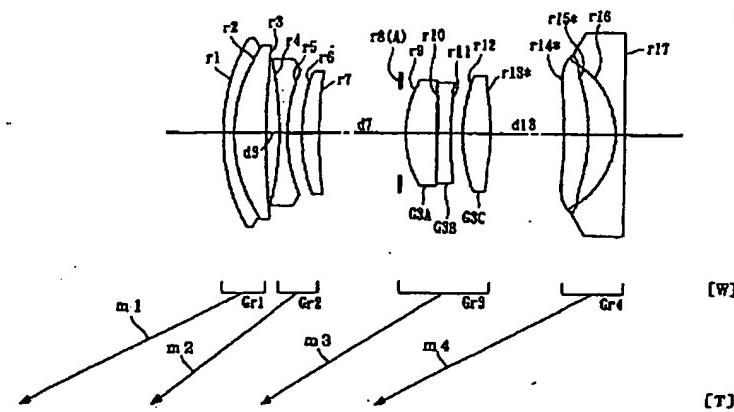
【図2】



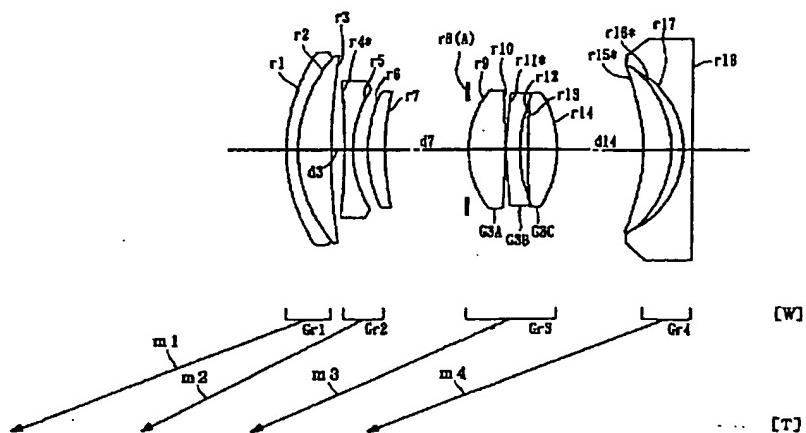
【図3】



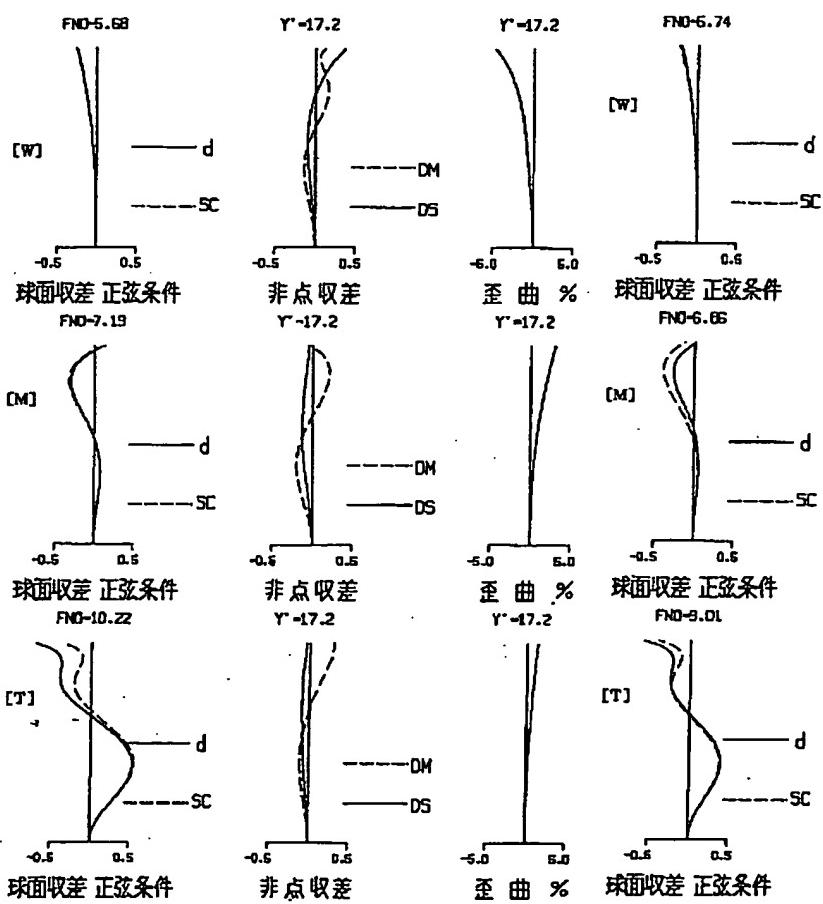
【図4】



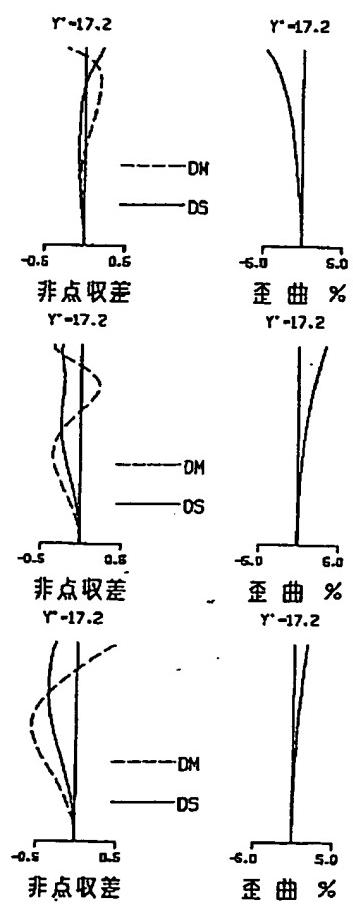
【図5】



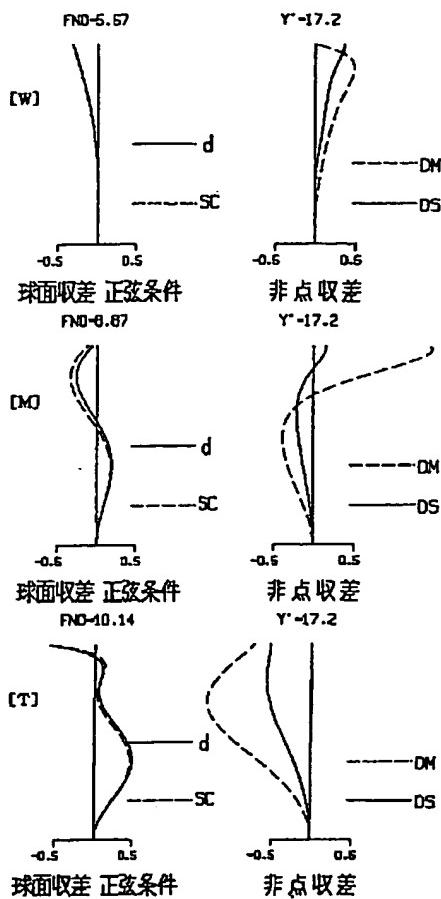
【図6】



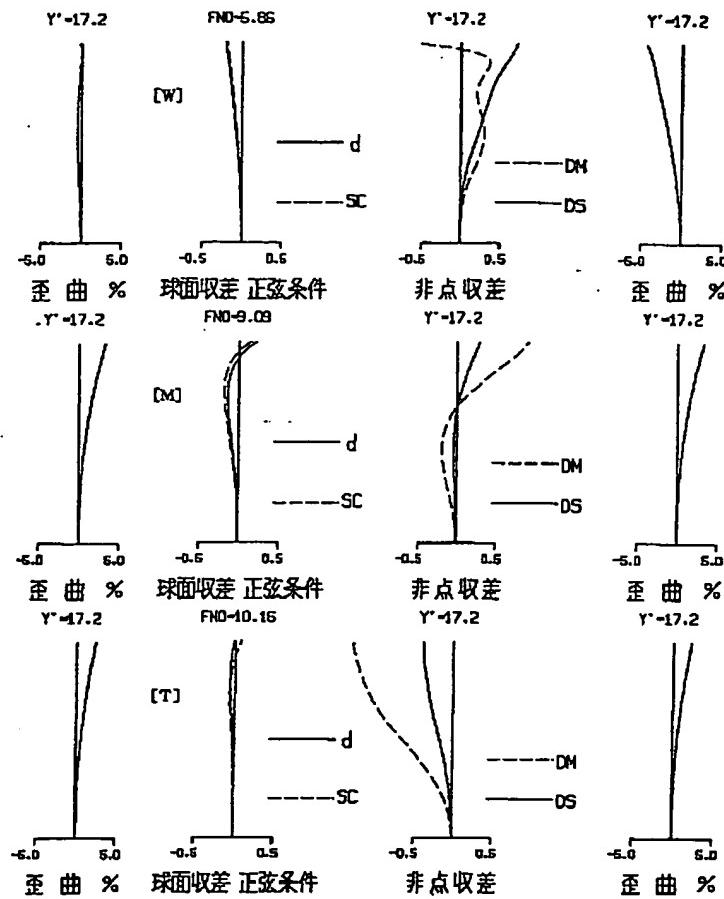
【図7】



【図8】



【図9】



歪曲 %
 $Y'=17.2$

歪曲 %
 $Y'=17.2$

歪曲 %
 $Y'=17.2$

【図10】

